

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-267236

(43)Date of publication of application : 15.10.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/302  
C23F 4/00  
H05H 1/46

(21)Application number : 04-063253

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD  
NISSHIN HIGHTECH KK

(22)Date of filing : 19.03.1992

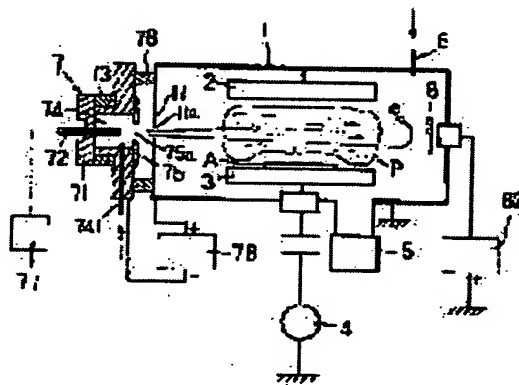
(72)Inventor : MATSUDA KOJI  
AOKI MASAHIKO

## (54) PLASMA ETCHING SYSTEM

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enhance anisotropic etching by enabling smooth etching under a high vacuum and by suppressing deposition of gas molecules onto the surface of an etching target.

**CONSTITUTION:** A high frequency voltage is impressed on an etching gas to ionize the gas, and an etching chamber 1 which etches an etching target under plasma is added with at least one electron emission zones 7 so as to enter electron into the chamber, and with a reflection electrode 8 which reflects entered electrons at a position counter to each electron emission zone 7 in the chamber.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-267236

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302	C	7353-4M		
C 2 3 F 4/00	A	8414-4K		
H 0 5 H 1/46		9014-2G		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 6 頁)

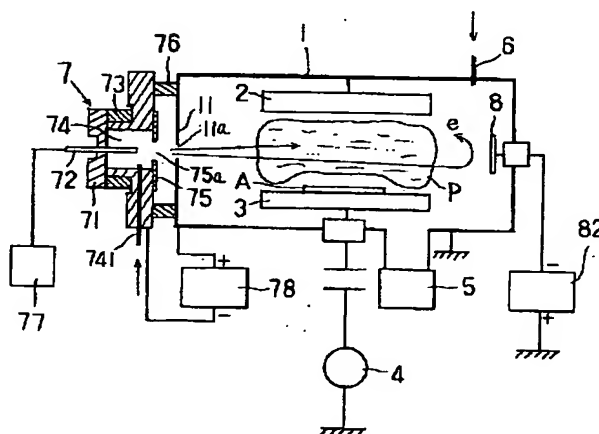
(21)出願番号	特願平4-63253	(71)出願人	000003942 日新電機株式会社 京都府京都市右京区梅津高畝町47番地
(22)出願日	平成4年(1992)3月19日	(71)出願人	391010161 日新ハイテック株式会社 京都府京都市南区久世殿城町575番地
		(72)発明者	松田 耕自 京都市右京区梅津高畝町47番地 日新電機株式会社内
		(72)発明者	青木 正彦 京都市南区久世殿城町575番地 日新ハイテック株式会社内
		(74)代理人	弁理士 谷川 昌夫

(54)【発明の名称】 プラズマによるエッチング装置

(57) 【要約】

【目的】 高真空下での円滑なエッチングを可能にして、被エッチング物表面へのガス分子の堆積を抑制でき、異方性エッチングを高めることができるプラズマによるエッチング装置を提供する。

【構成】 エッチング用ガスに高周波電圧を印加して該ガスをプラズマ化し、該プラズマの下で被エッチング物をエッチングするエッチングチャンバ１に、該チャンバ内へ電子を入射できるように１又は２以上の電子放出部７を付設するとともに該チャンバ内の少なくとも各電子放出部に対向する位置に、入射されてくる電子を反射する反射電極８を設けたことを特徴とするプラズマによるエッチング装置。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 エッチング用ガスに高周波電圧を印加して該ガスをプラズマ化し、該プラズマの下で被エッチング物をエッチングするエッチングチャンバに、該チャンバ内へ電子を入射できるように1又は2以上の電子放出部を付設するとともに該チャンバ内の少なくとも各電子放出部に対向する位置に、入射されてくる電子を反射する反射電極を設けたことを特徴とするプラズマによるエッチング装置。

【請求項2】 前記電子放出部がマイクロ波プラズマを生成して電子を引き出すものである請求項1記載のプラズマによるエッチング装置。

【請求項3】 前記反射電極に前記チャンバ内のプラズマ電位より負の静電圧を印加する手段を接続した請求項1又は2記載のプラズマによるエッチング装置。

【請求項4】 前記チャンバを接地電位とし、前記電子放出部の電位を前記チャンバ壁の電位に対し負とする請求項2又は3記載のプラズマによるエッチング装置。

【請求項5】 前記電子放出部が前記チャンバの周囲に当中心角度間隔で奇数個付設してある請求項1から4のいずれかに記載のプラズマによるエッチング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はプラズマによるエッチング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】プラズマによるエッチング装置は、図3に示すように、通常、エッチングチャンバ91内に配置した平行平板電極92、93の一方にRF電源(13、56MHz)94にて高周波電圧を印加し、それによってガス導入部96から該電極間に導入したエッチング用ガスをプラズマ化し、該プラズマPの自己バイアスに相当するエネルギーをもってイオンを被エッチング物95に衝突させ、該被エッチング物表面をエッチングする。この場合、エッチング用中性ガスの電離効率は通常 $10^{-4}$ 程度である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このように従来装置では中性ガスの電離効率が $10^{-4}$ 程度であるため、エッチング速度を高めるにはガスの供給量を増加させなければならなかった。しかし、ガス供給量を増加させることは、異方性エッチングを高めるために高真空の環境のもとでエッチングを行おうとする最近の傾向に反するものである。

【0004】さらに、ガス供給量を増加させると、ガス分子が被エッチング物に堆積するという現象が生じるという問題もある。ここで、先ず、ガス分子の被エッチング物への堆積という問題を取り上げてみる。圧力P、温度Tの条件での被エッチング物への流入ガス分子数F<sub>0</sub>は以下のように定義される。

2

$$【0005】 F_0 = n \cdot c / 4$$

c : 平均分子速度

$$c = (8kT / \pi m)^{1/2}$$

(但し、kはステファーン-ボルツマン定数)

n : ガス密度

$$n = 9.6 \times 10^{18} \times P / T \quad (P : \text{torr}, T : ^\circ \text{K})$$

例えばアルゴン分子において圧力10mmtorrで温度300°Kの場合、被エッチング物への流入分子数は次の通りである。

$$【0006】 F_0 = 3 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$$

一方、通常プラズマ密度は $10^{10} \text{ n/cm}^3$ とみなされている。10mmtorrでのガス分子密度は $3 \times 10^{14} \text{ n/cm}^3$ であるから、電離効率は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ と考えられる。従って、被エッチング物へのイオンの流入量F<sub>i</sub>は以下ようになる。

$$【0007】 F_i = n_i \cdot v / 4$$

n<sub>i</sub> : イオン密度

v : バイアス電圧によりイオンが被エッチング物に到達する速度例えば500Vのバイアス電圧によりイオンが被エッチング物に到達すると仮定すると、  
F<sub>i</sub> =  $1 \times 10^{16} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$  となる。

【0008】つまりガス分子の堆積に対して2桁低いイオン流によりエッチングが行われていることになる。このためエッチングガス供給量を少なくする高真空下でのエッチングが必要とされるのである。次に、イオンの方向性を揃える上で真空度がどのように寄与するかを述べる。今、平行な分子流が距離Xだけ走行中に残留ガス分子と衝突せずに方向を代えない確立は次のように定義できる。

$$【0009】 P(X) = \text{EXP}(-X/\lambda)$$

λ : 平均自由行程

分子直径を3.7Å、温度を20℃とすると、

$$\lambda = 0.005 / P(\text{cm})$$

今、プラズマから被エッチング物までのシース距離を1cm程度と仮定すると、圧力に対する分子の方向性を変えない確率の変化は以下ようになる。

## 【0010】

圧力 (mmtorr)	確率
100	0
10	0.14
1	0.72
0.1	0.98

このことから真空度を良くすればするほどプラズマから引き出されるイオンは方向を変えずに被エッチング物に入射することになる。

【0011】通常10~100mmtorrの範囲でエッチングが行われているが、ほとんどのイオンがガス分子と衝突して被エッチング物に入射していることになる。このため、エッチングの異方性が悪くなるのであ

る。そこで本発明は、高真空下での円滑なエッチングを可能にして、被エッチング物表面へのガス分子の堆積を抑制でき、異方性エッチングを高めることができるプラズマによるエッチング装置を提供することを課題とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は前記課題を解決すべく研究を重ね、エッチング用ガスの電離は、高真空下では高周波放電によるだけでは不十分であるが、外部から電離のための電子を供給し、エッチングチャンバ（プラズマ生成室）内での該電子の走行距離を長くすれば、電離効率を高めることができ、これによってガス密度が低い状態、つまり真空度が高い状態でもエッチングに必要なプラズマ密度を得ることが可能であることを見出し本発明を完成した。

【0013】すなわち本発明は、エッチング用ガスに高周波電圧を印加して該ガスをプラズマ化し、該プラズマの下で被エッチング物をエッチングするエッチングチャンバに、該チャンバ内へ電子を入射できるように1又は2以上の電子放出部を付設するとともに該チャンバ内の少なくとも各電子放出部に対向する位置に、入射されてくる電子を反射する反射電極を設けたことを特徴とするプラズマによるエッチング装置を提供するものである。

【0014】前記電子放出部には種々のタイプのものを採用できるが、例えば、マイクロ波プラズマを生成して電子を引き出すものを挙げることができる。また、前記反射電極には、前記チャンバ内のプラズマ電位より負の静電圧を印加して入射されてくる電子の反射を円滑に行うことが望ましい。前記チャンバは一般に接地電位とすることが望ましく、この場合には、前記電子放出部の電位を前記チャンバ壁の電位に対し負とする。

【0015】前記電子放出部の数は任意であるが、前記チャンバ内のプラズマ密度の位置的な均一性を良くするため、該チャンバの周囲に等中心角度間隔で奇数個付設することが考えられる。ここで、簡単な考察を行って外部電子による電離効率の向上を評価する。

1. プラズマ密度は次のように定義できる。

#### 【0016】

$$n_i = \tau_i \cdot n_e \cdot \sigma(E_e) \cdot v_e \cdot n_e$$

$n_e$  : ガス密度

$n_e$  : 電子密度

$v_e$  : 電子速度

$\tau_i$  : イオン閉じ込め時間

$$\tau_i = 2.63 \cdot (T_i / T_e)^{1/2} \cdot V / (S \cdot v_i)$$

但し、 $T_i$  はイオン温度、 $T_e$  は電子温度、 $v_i$  はイオン平均速度である。

【0017】今、半径B、長さLのプラズマ生成室の場合  $V/S$  は次のようになる。

$$V/S = 0.5 \cdot B (B/L + 1)$$

$\sigma(E_e)$  : 電子エネルギーEにおける電離断面積一般的に100eVのエネルギーのとき最大値をとり、その値はおよそ以下の通りである。

$$【0018】 \sigma(E_e) = 3 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$$

2. 電子密度  $n_e$  と電子速度  $v_e$  の積は電子の放電電流値から推測できる。

今、1Aの電子電流が得られるとする。このとき、電子電流密度は次のように定義できる。

$$J_e = e \cdot v_e \cdot n_e / 4 \quad (e: \text{電荷})$$

100Vの印加電圧で0.2cmのギャップを通して引き出される電子電流密度はラングミュアの式より次のように求められる。

$$【0019】 J_e = 60 \text{ mA/cm}^2$$

ここで前記電子電流密度の関係式を変形すると、

$$v_e \cdot n_e = 4 \cdot J_e / e$$

従って、

$$v_e \cdot n_e = 1.5 \times 10^{18} \text{ 個/cm}^2 \text{ sec}$$

3. 次にイオン閉じ込め時間を評価する。

【0020】プラズマ生成室の半径を15cm、高さを5cmとする。また、500°Kのとき、イオンの平均速度は以下の値をもつ。

$$v_i = 5 \times 10^4 \text{ cm/sec}$$

従って、イオン閉じ込め時間は以下の値をもつ。但し、 $T_i = 1 \text{ eV}$ 、 $T_e = 10 \text{ eV}$ と仮定した。

$$【0021】 \tau_i = 5 \times 10^{-4} \text{ sec}$$

4. 最終的にイオン密度は以下の通りとなり、電離効率を求めることができる。

$$n_i = 0.23 \cdot n_e$$

つまり、電離効率は20%を超えることになる。

5. このことは、同じイオン密度を得るために低いガス密度で済むことを教えている。

【0022】従来方式では、電離効率は  $10^{-4}$  の程度であったため、

$n_i = 10^{-4} \cdot n_e$  となり、 $10^{10} \text{ n/cm}^2$  のプラズマ密度を得るために  $10^{15} \text{ n/cm}^3$  のガス密度が必要であった。これは30mm torrに相当する。一方、本発明によると、

$n_i = 10^{-1} \cdot n_e$  としても、同じプラズマ密度を得るために、 $10^{11} \text{ n/cm}^3$  のガス密度でよいことになる。これは0.003mm torrに相当する。

【0023】このことから本発明装置によると、高い電離効率のために高真空下でエッチングが可能となることが分かる。

6. さらに、ガス分子の被エッチング物への堆積を評価する。

30mm torrのときの被エッチング物への流入分子数  $F_0$  は以下の値をもつ。

$$【0024】 F_0 = 9 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$$

一方、0.003mm torrにおける流入分子数  $F_0$  は4桁低下して次の値をもつ。

$$F_0 = 9 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$$

ここで先に計算したように、500Vのバイアス電圧でイオンが被エッチング物に到達すると仮定すると、被エッチング物へのイオン流入量 $F_i$ は、

$F_i = 1 \times 10^{16} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$ であるから、両者を比較すると、1桁ほど $F_i$ が多くなっている。従来の装置では、イオン流入数 $F_i$ と分子流入数 $F_0$ の比は、 $\gamma = F_i / F_0 = 3 \times 10^{-3}$ となるのに対し、本発明の装置では、

$\gamma = 10$ となる。

【0025】このことは、不必要なガスの堆積に比べてエッチングのためのイオン流入が支配的であることを示している。

【0026】

【作用】本発明エッチング装置によると、エッチングチャンバにおける被エッチング物のプラズマによるエッチングにおいて、エッチングチャンバに付設した電子放出部から電子が引き出され、該チャンバ内に入射される。この電子はチャンバ内に設置した電子反射電極により反射され、チャンバ内での走行距離を増す。そのためエッチング用ガス分子と衝突する確率が増加し、該ガスの電離効率がそれだけ高くなる。従って、外部電子を導入しない場合よりも低いガス密度、つまり、より高真空の環境下でエッチングに寄与するイオンが十分生成され、円滑に所望のエッチングがなされる。

【0027】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。図1は一実施例であるプラズマによるエッチング装置の断面図であり、より詳しくは、その円筒形エッチングチャンバ1の円筒中心線と平行な面で切断した概略縦断面図であり、図2は該円筒中心線に垂直な面で切断した概略横断面図である。

【0028】この装置は円筒形のエッチングチャンバ1を備えており、該チャンバ1内には平行平板電極2、3が上下に配置してある。上側の電極2は接地電極であり、チャンバ1を介して接地してある。下側の電極3は、被エッチング物である基板Aの支持ホルダを兼ねる高周波電極であり、これには高周波電源(RF電源13.56MHz)4を接続してある。

【0029】また、チャンバ1には、その中を真空引きするための排気装置5が接続してあるとともに、エッチング用ガスの導入部6を設けてある。さらに、チャンバ1の周側壁外面に120度間隔で三つの電子放出部7を固定してある。各電子放出部7は同一構成のものであり、本例では電子サイクロトロン共鳴(ECR)を利用してマイクロ波プラズマを生成できるタイプのもので、絶縁部材76を介してチャンバ周側壁外面に取り付けてある。さらに説明すると、強磁性体部材71に通されたアンテナ72を永久磁石73で囲んでプラズマ生成室74を形成し、該プラズマ生成室74の前開口部に電子放

出孔75aを有する電子放出部材75を設けてある。電子放出孔75aはチャンバ周側壁に設けた電子引出し電極11(周速壁本体から絶縁)の電子引出し孔11aに臨んでいる。

【0030】アンテナ72は耐腐食性良好なステンレススチールから形成してあり、これにはマイクロ波電源(2.54GHz)77が接続してあり、チャンバ1の壁の電位に対し負の電位に設定される。電子放出部材75には電子引出し電源78のマイナス側が接続され、該電源のプラス側はチャンバ1の電子引出し電極11に接続される。かくして、電子放出部材75に対し正の電圧(約100V)を印加できる。

【0031】電子放出部材75の各電子放出孔75aは、電離断面積が最も高いのは電子エネルギーが100eV程度であることより直径0.2cm程度に形成してある。また、プラズマ生成室74にはプラズマ源となるガスの導入部741が設けてある。本例では、ここから導入されるガスはチャンバ1内へ導入されるエッチング用ガスと同一である。なお、この導入部741は、当初、チャンバ1からプラズマ生成室74へもガスが進入できることより必ずしも必要ではない。

【0032】チャンバ1内には、さらに、電極2、3より外周側に、且つ、各電子放出部7に対向させて、120度間隔で合計三つの電子反射電極8を配置してある。各電極8はチャンバ1の円筒中心線を中心とする円周上に配置され、チャンバ周側壁内面と略平行な凹反射面81を有している。反射電極8の大きさは、電子が確実にチャンバ1内へ入射される程度に制限されている。各電極8にはチャンバ1内へ入射される電子の持つエネルギーより高ポテンシャル(負の電圧)を印加する反射用電源82を接続してある。換言すれば、電子の引出し電源78の正電圧V1の絶対値より電源82の負電圧V2の絶対値の方を大きくしてある。

【0033】なお、前記電子放出部7の数は三つに限定されないが、円筒形のプラズマチャンバ1に沿って等間隔で奇数個並べることによってプラズマ密度の位置的な均一性を良くすることができる。前記3等分配置は望ましい配置例である。以上説明したエッチング装置によると、例えば被エッチング物として、表面に適当なマスク材でエッチングパターンを描かれ、塩素ガス或いはフッ素ガスのプラズマによりエッチングされる基板Aを高周波電極3上に設置し、チャンバ1内を排気装置5にて所定真空度まで真空引きし、次いで、エッチング用のガス(本例では塩素ガス或いはフッ素ガス)をチャンバ1のガス導入部6よりチャンバ1内へ導入するとともに電子放出部7のプラズマ生成室74にもガス導入部741からガスを導入し、且つ、エッチング真空度に維持する。この状態でマイクロ波電源77にてアンテナ72にマイクロ波を供給すると、マイクロ波放電により電子放出部7内にプラズマが生成される。一方、電子引出し電源7

8にて電子引出し電極11に正の電圧を印加することで、該プラズマから電子放出孔75aを通して、電子が引き出され、電極孔11aからチャンバ内に大量の電子eが入射される。

【0034】このように入射された電子eはチャンバ1内を走行するが、対向する位置に配置された電子反射電極8に反射用電源81から負の電圧が印加されて該電極8が電子eの持つエネルギーより高いポテンシャルに設定されていることで、電子eはこの電子反射電極8に衝突して反射され、図2にラインaで示すようにチャンバ1内で反復運動を繰り返すようになる。

【0035】このようにチャンバ1内への外部からの電子供給により、チャンバ内プラズマP領域の電離効率を高めることができる。このため、プラズマ領域の中性ガス密度が低い場合でも、ガス密度が高い場合と同じイオン密度が得られる。従って、外部からの電子供給が無い場合よりも高真空のもとでのエッチングが可能となり基板Aへの分子の堆積が減少し、イオンの方向性を揃えることができる。これらのことにより、異方性の良いエッチングが可能となる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、高真空下での円滑なエッチングを可能にして、被エッチング物表面へのガス分子の堆積を抑制でき、異方性エッチングを高めることができるプラズマによるエッチング装置を提供することができる。

\*

\* 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の概略縦断面図である。

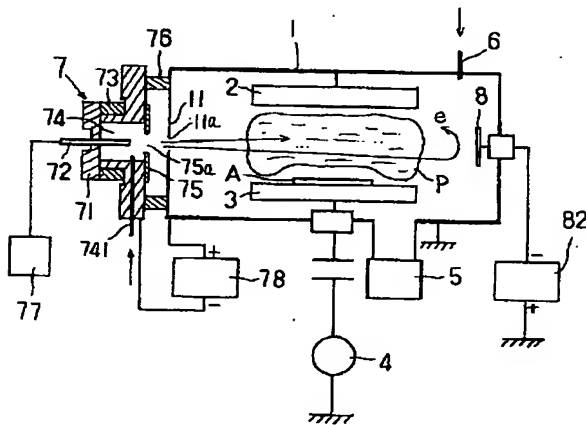
【図2】図1の実施例の概略横断面図である。

【図3】従来例の概略断面図である。

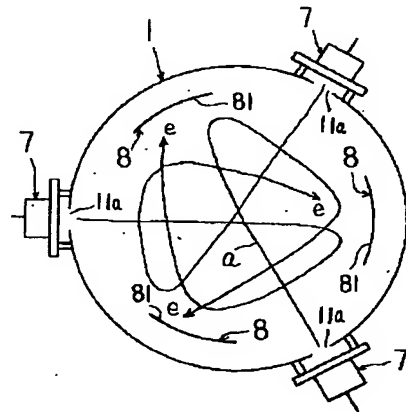
【符号の説明】

- 1 エッチングチャンバ
- 11 チャンバ周側壁の電子引出し電極
- 11a 電極11の電子引出し孔
- 2 接地電極
- 3 高周波電極
- 4 高周波電源
- 5 排気装置
- 6 エッチング用ガス導入部
- P プラズマ
- 7 電子放出部
- 72 アンテナ
- 74 プラズマ生成室
- 75 電子放出部材
- 75a 電子放出孔
- 77 マイクロ波電源
- 78 電子引出し電源
- 8 反射電極
- 81 電極凹面
- 82 反射用電源
- e 電子

【図1】



【図2】



(6)

特開平5-267236

【図3】

